

# PRÓBA WYSIŁKOWA W MEDYCYNIE SPORTOWEJ. CZY WARTO SKORZYSTAĆ Z PONAD 30-LETNICH WŁOSKICH DOŚWIADCZEŃ?

## EXERCISE TESTING IN SPORT MEDICINE. IS IT WORTHWHILE TO REFER TO THE MORE THAN 30 YEARS OF EXPERIENCE OF THE ITALIAN SPECIALISTS OF THE SPORT MEDICINE?

Izabela Jastrzębska<sup>1,2</sup>, Anna Cieciora<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

<sup>2</sup> Poradnia Medycyny Sportowej, Ambulatoria Uniwersyteckie, Szpital Uniwersytecki, Kraków

<sup>3</sup> Oddział Kliniczny Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital Uniwersytecki, Kraków

### Streszczenie

Próba wysiłkowa jest jedną z podstawowych i łatwo dostępnych metod diagnostycznych, służących ocenie odpowiedzi mięśnia sercowego na wysiłek fizyczny. Celem jej, poza identyfikacją zmian o charakterze niedokrwiennym, czy arytmii, mogących być przeciwwskazaniem do uprawiania sportu, jest również ocena wydolności fizycznej, metod treningowych i tolerancji wysiłku. Artykuł opisuje doświadczenia zebrane podczas staży w wiodących ośrodkach kardiologii sportowej we Włoszech. W codziennej praktyce klinicznej wykonywane są trzy rodzaje prób wysiłkowych: Step Test, próba na cykloergometrze oraz na bieżni. Największa różnica obejmuje powszechne stosowanie tzw. Step Testu, w którym sportowiec wchodzi i schodzi ze stopnia o wysokości 30-50 cm (w zależności od wzrostu) wykonuje wysiłek fizyczny przez trzy minuty, a następnie odpoczywa w pozycji leżącej przez kolejne trzy minuty. W trakcie wysiłku oraz odpoczynku monitoruje się w sposób ciągły zapis EKG. W Polsce Step Test był w przeszłości powszechnie stosowany, a obecnie został uznany za przestarzały. Kardiolodzy sportowi we Włoszech, stosują go natomiast bardzo chętnie przede wszystkim u dzieci i młodzieży, ze względu na jego dużą arytmogenność, ponieważ w tej grupie wiekowej mamy częściej do czynienia z zaburzeniami rytmu serca niż z niedokrwieniem mięśnia sercowego.

**Słowa kluczowe:** sportowcy, próba wysiłkowa, nagły zgon sercowy

### Summary

The exercise test is one of the basic methods for evaluating cardiac response to physical effort. The purpose of this exam, beyond identification of ischemia or arrhythmia, which may be a contraindication for sport performance, is assessment of the physical capacity, trainings methods and exercise tolerance. The article describes the experience gathered during internships at the leading centers of sport cardiology in Italy. During the everyday clinical practice they perform three types of exercise tests: Step Test, cycle ergometer and treadmill. The most important difference is the common use of the Step Test, consisting in stepping up and down the 30-50 cm high (depending of athlete's growth) step for 3 minutes and then to resting in the supine position for another three minutes. During the exercise and the rest a continuous ECG monitoring is performed. The Step Test was very popular in Poland in the past and currently is believed to be old-fashioned. Whereas it is very widely used by Italian sport cardiologist especially in children and adolescents because of its high arrhythmogenicity, because in this age group the heart rhythm disturbances are more frequent than cardiac ischaemia.

**Key words:** athletes, exercise test, sudden cardiac death

### Wstęp

Próba wysiłkowa jest jedną z podstawowych i łatwo dostępnych metod diagnostycznych służących ocenie wydolności fizycznej oraz odpowiedzi układu krążenia na wysiłek fizyczny. Jej celem w medycynie sportowej jest przede wszystkim ocena wydolności fizycznej oraz skuteczności metod treningowych, stopnia tolerancji wysiłku przez zawodnika, a także identyfikacja patologicznych zmian w zakresie pracy serca, pod postacią zmian o charakterze niedokrwiennym, czy arytmii, mogących być przeciwwskazaniem do uprawiania sportu.

Zgodnie ze stanowiskiem Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej ze stycznia 2006, dotyczącym klinicznych zasad prowadzenia testów wysiłkowych, próbę wysiłkową wykonuje się, aby ocenić jeden (lub kilka) elementów sprawności fizycznej, takich jak: siła, moc i wytrzymałość mięśniowa; szybkość, wydolność fizyczna (tlenowa); gibkość; zręczność i zwinność [1]. Zgodnie z tym stanowiskiem test wysiłkowy (próbę wysiłkową) wykonujemy, aby ocenić dwa elementy: wydolność fizyczną (aerobową, tlenową) tj. zdolność organizmu do wykonywania ciężkiej i długotrwałej

pracy fizycznej, angażującej duże grupy mięśniowe oraz tolerancję wysiłkową tj. zdolność do wykonania wysiłku bez istotnych zaburzeń homeostazy [2].

Nagła śmierć sercowa (Sudden Cardiac Death – SCD) jest przyczyną 80-85% nagłych zgonów u sportowców. Badania wskazują, że ryzyko nagłego zgonu sercowego jest wyższe od 2,5 do 4,5 razy u osób uprawiających sport wyczynowy w porównaniu z pozostałą populacją [3-5]. Pod wpływem bardzo intensywnego wysiłku fizycznego mogą ujawnić się ukryte choroby serca, których pierwszym objawem klinicznym jest nagły zgon sercowy. Do najczęstszych przyczyn kardiologicznych zgonów u sportowców należy wymienić kardiomiopatię przerostową, arytmogenną dysplazję prawej komory, wrodzone anomalie naczyń wieńcowych, przedwczesną miażdżycę tętnic wieńcowych, zapalenie mięśnia sercowego, tętniak aorty wstępującej (zespół Marfana) [3-5]. W USA 36% zgonów młodych sportowców było spowodowanych kardiomiopatią przerostową, 17% anomaliami naczyń wieńcowych, a 8% nieokreślonym przerostem lewej komory serca [6]. Według badań włoskich autorów, przeprowadzonych w rejonie Veneto w latach 1979–1996, najczęstszą przyczyną zgonów młodych sportowców poniżej 35 roku życia były: arytmogenna dysplazja prawej komory (22,4%), miażdżycę tętnic wieńcowych (18,4%), nieprawidłowe odejście naczyń wieńcowych (12,2%), zaburzenia przewodnictwa (8,2%) [7]. Ostatnio stwierdzono, że płeć męska jest aż 10 razy bardziej narażona na ryzyko nagłego zgonu sercowego związanego z intensywnym wysiłkiem fizycznym. Może wynikać to z większego obciążenia treningiem, częstszego uprawiania wyczynowo sportu przez mężczyzn i chłopców lub z częstszego genetycznego występowania niektórych chorób serca u płci męskiej (zespół Brugadów, zespół wydłużonego QT) [8]. W populacji osób nie uprawiających sportu, częstość występowania nagłego zgonu sercowego jest znacznie niższa, a dodatkowo u jej podłoża leżą inne nieprawidłowości układu krążenia [7]. Wynika to z takiej przyczyny, że przeważająca część zaburzeń serca nie ujawnia się w spoczynku, natomiast intensywny wysiłek fizyczny działa jako czynnik spustowy, ujawniając ukryte stany chorobowe. Badania Corrado i wsp. wykazały znaczne zmniejszenie ilości nagłych zgonów sercowych w populacji sportowców od czasu wprowadzenia obligatoryjnych badań przesiewowych [3].

### Początki badań wysiłkowych

Historia testów wysiłkowych w medycynie sięga roku 1929, kiedy to ustalono standard przeprowadzania submaksymalnego testu wg protokołu Master [9]. Test ten polegał na wchodzeniu i schodzeniu z dwusiodłkowej platformy o wysokości każdego ze schodów wynoszącej 32 cm. Badania takie przeprowadzano celem oceny tolerancji wysiłku, a miarą tej tolerancji był powrót ciśnienia tętniczego krwi do

wartości wyjściowych [9]. Początkowo czas trwania testu wynosił 90 sekund, a po 15 latach test ten został zmodyfikowany i wydłużony do 3 minut, a także dodano równoczesną ocenę zapisu EKG podczas wysiłku, celem rozpoznania ukrytej choroby wieńcowej serca [10].

Z kolei harwardzki test plecakowy (Harvard Pack Test – HPT) został wprowadzony w roku 1942 przez Johnsona [11]. Próba ta polegała na wchodzeniu na pojedynczy stopień o wysokości 40 cm, z częstotliwością 30 wejść na minutę przez 5 minut. Podczas wysiłku, badany miał założony plecak o wadze odpowiadającej 1/3 masy ciała [11].

Natomiast sposób przeprowadzania najbardziej rozpowszechnionego w kolejnych latach klasycznego harwardzkiego testu schodkowego (Harvard Step Test – HST) określono w roku 1943, celem oceny wydolności tlenowej młodych sportowców uczęszczających na Uniwersytet Harvarda [12]. Wysokość schodka określono na 50 cm dla sportowców o powierzchni ciała  $\geq 1,85 \text{ m}^2$  a na 45 cm dla sportowców o powierzchni ciała  $< 1,85 \text{ m}^2$  [12].

Testy schodkowe typu Step Test sprawdzały się bardzo dobrze u osób młodych, z dobrą wydolnością fizyczną. Były jednak one zbyt wyczerpujące dla osób z chorobami serca i obniżoną tolerancją wysiłku. Wprowadzono więc testy wysiłkowe na bieżni ruchomej. Pierwsze publikacje dotyczące testu wysiłkowego na bieżni ruchomej sięgają roku 1949 [13]. Początkowo test Bruce'a składał się z jednego etapu. Z biegiem lat protokół ten był testowany i zmieniany, i w roku 1963 powstał tzw. protokół Bruce'a, stosowany do dnia dzisiejszego [14].

Kilka lat później, bo w roku 1954 dr Per-Olof Astrand, który uznawany jest za ojca współczesnej fizjologii wysiłku oraz Irma Rhyming, opracowali nomogramy, umożliwiające ocenę wydolności tlenowej organizmu ( $\dot{V}O_{2\text{max}}$ ) podczas submaksymalnej próby na ergometrze [15]. Pierwotny test zakładał jedynie obserwację tętna, w obecnej chwili test wysiłkowy na ergometrze jest monitorowany poprzez ciągły 12 – odprowadzeniowy zapis EKG.

### Wytczne dotyczące badań sportowo-lekarskich we Włoszech

Obligatoryjne badania sportowo-lekarskie wykonywane są we Włoszech u osób uprawiających sport i należących do organizacji sportowych, zgodnie z rozporządzeniem Ministerstwa Zdrowia z 18.02.1982 [15]. Zgodnie z powyższym rozporządzeniem występują dwa typy wizyt u specjalisty medycyny sportowej w zależności od uprawianej dyscypliny sportu: wizyta typu A i typu B. Wizyta typu A obejmuje wywiad lekarski, badanie fizykalne, dane antropometryczne, pomiary ciśnienia tętniczego krwi, EKG spoczynkowe. Wizyta B obejmuje ponadto EKG wysiłkowe, wykony-

wane zgodnie z zaleceniami ustawy, poprzez Step Test (u sportowców poniżej 35 r.ż) albo na cykloergometrze (u osób powyżej 35 r.ż) oraz spirometrię i morfologię krwi oraz badanie ogólne moczu [16].

### Praktyczne zasady przeprowadzania testów wysiłkowych we Włoszech

Doświadczenia z włoskim systemem opieki medycznej nad sportowcami zostały zdobyte podczas staży w Rzymie, w dwóch czołowych ośrodkach: w ambulatorium medycyny sportowej przy Poliklinice Gemmelli pod kierownictwem profesora kardiologii Paolo Zeppilli oraz w Ośrodku CONI (Comitato Olimpico Nazionale Italiano), czyli w Ośrodku Przygotowań Olimpijskich pod kierownictwem profesora kardiologii Antonio Pelliccia.

W obydwu tych ośrodkach wykonywano badania zarówno u dzieci i młodzieży jak i u wyczynowych sportowców, zgodnie z wymogami ustawy [16], jak opisano powyżej. EKG spoczynkowe było wykonywane u wszystkich pacjentów, natomiast w zależności od wieku pacjenta oraz tego czy pacjent uprawiał sport amatorsko lub wyczynowo, przeprowadzano ocenę EKG wysiłkowe jako: Step Test lub na cykloergometrze albo bieżni ruchomej.

W obu ośrodkach medycyny sportowej próba wysiłkowa była wykonywana wyłącznie celem oceny tolerancji wysiłku, z głównym naciskiem na zmiany w EKG 12-odprowadzeniowym podczas oraz po zakończeniu wysiłku. Nie oceniano natomiast maksymalnej wydolności fizycznej zawodnika.

W obydwu ośrodkach medycyny sportowej wykonywano testy wysiłkowe przez lekarzy kardiologów celem oceny tolerancji wysiłku i zmniejszenia ryzyka nagłej śmierci sercowej.

Kardiolodzy sportowi przeprowadzają w codziennej praktyce klinicznej próby wysiłkowe w formie Step Testu bardzo chętnie, ponieważ uważają oni, że jest on bardziej arytmogenny w porównaniu z próbą wysiłkową na cykloergometrze lub bieżni mechanicznej [17]. W związku z tym, test ten jest szczególnie wskazany u dzieci i młodzieży, u których z założenia próba wysiłkowa nie jest przeprowadzana w celu wykrycia cech niedokrwienia mięśnia sercowego, a jedynie w celu wywołania ewentualnej arytmii [17].

### Próba wysiłkowa w formie Step Testu

Bardzo powszechnie w badaniach młodych sportowców we Włoszech stosowany jest tzw. Step Test, przeprowadzany wg protokołu Master. Polega on na tym, że sportowiec wchodzi i schodzi z częstotliwością 30 razy na minutę przez 3 minuty na stopień o wysokości zależnej od wzrostu pacjenta. W przypadku pacjentów o wzroście poniżej 150 cm stopień ma wysokość 30 cm, dla zawodników o wzroście między 150 a 175 cm odpowiednio 40 cm, a dla sportowców

o wzroście powyżej 175 cm wynosi 50 cm. W trakcie wykonywania próby tempo narzucane jest przez metronom z częstotliwością 120 uderzeń na minutę. Zawodnik ustawia lewą nogę na stopniu, następnie dostawia prawą nogę, po czym schodzi lewą nogą w dół i dostawia nogę prawą. Każde uderzenie metronomu narzuca tempo ruchów kończyn dolnych. W trakcie wchodzenia i schodzenia tułów musi być w pozycji pionowej i zawodnik powinien starać się unikać ruchów kończynami górnymi aby nie wywoływać artefaktów zapisu EKG. Podczas testu wykonywany jest ciągły zapis EKG (z bezprzewodowym przesyłem sygnału) przez 8 minut, podczas 3 minut testu i przez 5 minut odpoczynku w pozycji leżącej. Bezpośrednio po zakończeniu wysiłku pacjent pozostaje nieruchomo w pozycji stojącej przez 5-10 sekund, a następnie kładzie się na leżance i pozostaje w pozycji leżącej przez 5 minut.

Ciśnienie tętnicze krwi jest monitorowane przed próbą wysiłkową, a następnie po 30 sekundach, 1 minucie, 1,5 minucie oraz w 2, 3, 4 i 5 minucie od jej zakończenia. Podczas takiej próby wysiłkowej nie ma możliwości uzyskania maksymalnego tętna, o czym lekarz wykonujący takie badanie musi wiedzieć. Z założenia jest to submaksymalna próba wysiłkowa, stąd preferowana jest u osób nie uprawiających wyczynowo sportu. Próba ta nie jest jednak zalecana u osób powyżej 35-40 roku życia, ponieważ nie umożliwia wykrycia cech niedokrwiennych. We Włoszech test ten jest zalecany w krajowych wytycznych dla ośrodków medycyny sportowej i w związku z tym jest powszechnie stosowany, zarówno w małych rejonowych ośrodkach jak i w dużych referencyjnych centrach kardiologii sportowej.

Dodatkowo na podstawie Step Testu można wyliczyć wskaźnik IRI (Indice Rapido Indoneita – szybki wskaźnik zdolności do uprawiania sportu), na podstawie którego można ocenić stopień wytrenowania zawodnika (Tabela 1) [17]. Wskaźnik ten oblicza się ze wzoru:

$$\text{IRI} = \frac{\text{czas trwania wysiłku w sekundach} \times 100}{5,5 \times \text{liczba uderzeń serca między 60 a 90 sekundą od zakończenia wysiłku}}$$

Wskaźnik IRI jest modyfikacją wskaźnika FI (Fitness Index) z próby Harvardzkiej, który obliczano na podstawie sumy trzech pomiarów tętna po zakończeniu testu w ciągu 30 s w następujących przedziałach czasowych: od końca 1 minuty do 1 min i 30 s, od końca 2 minuty do 2 min i 30 s, od końca 4 minuty do 4 min i 30 s.

Zalety próby wysiłkowej w formie Step Testu:

- możliwe przeprowadzenie próby wysiłkowej u dzieci o niskim wzroście uniemożliwiającym próbę na cykloergometrze,

Tabela 1. Wskaźnik IRI (*Indice Rapido Indoneita* – szybki wskaźnik zdolności do uprawiania sportu)

Liczba uderzeń serca między 60 a 90 sekundą od zakończenia wysiłku	Ocena wskaźnika IRI
Od 25 do 32	Bardzo dobry
Od 33 do 40	Dobry
Od 41 do 54	Przeciętny
Od 55 do 65	Dostateczny
Powyżej 66	Niedostateczny

IRI (*Indice Rapido Indoneita* – szybki wskaźnik zdolności do uprawiania sportu)

- bardziej arytmogenna od testu na cykloergometrze oraz na bieżni mechanicznej [17].

Wady próby wysiłkowej w formie Step Testu:

- z założenia nie można osiągnąć maksymalnego wysiłku u osób dobrze wytrenowanych,
- u sportowców bardzo dobrze wytrenowanych czasami maksymalna częstość rytmu serca nie przekracza 60%  $HR_{max}$ ,
- u osób z tendencją do tachykardii oraz u osób labilnych emocjonalnie, u których częstość rytmu serca przyspiesza pod wpływem stresu wskaźnik IRI będzie niemiarodajny i fałszywie zawyżony.

### Próba wysiłkowa na cykloergometrze

Powszechnie wykonuje się również we Włoszech testy wysiłkowe na cykloergometrze szczególnie u wyczynowych sportowców. Jest to najbardziej popularny test i wykonywany rutynowo jeden raz w roku. W przypadkach budzących wątpliwości powtarzany jest czasem co 3 lub 6 miesięcy. W zależności od stopnia wytrenowania zawodnika, płci oraz od jego masy ciała dobierane są odpowiednio obciążenie wstępne i jego wzrost. Dla wyczynowych sportowców płci męskiej początkowe obciążenie wynosi 50 W i regularnie w odstępach 2 minutowych obciążenie wzrasta o kolejne 50 W. Dla niewyczynowych sportowców płci męskiej oraz dla kobiet sportowców początkowe obciążenie wynosi 30 W z jego następnym wzrostem o 30 W co 2 minuty. Podczas próby zaleca się utrzymywanie stałej prędkości około 60-80 obrotów cykloergometru na minutę, zwiększając liczbę obrotów wraz ze zwiększających się obciążeniem w watach. Z założenia próba przeprowadzana jest do osiągnięcia częstotliwości rytmu serca równej 85-90%  $HR_{max}$  wyliczonej dla wieku sportowca. U wyczynowych sportowców średnio przy obciążeniu 300-350 W uzyskuje się docelową wartość rytmu serca.

Nawet w ośrodkach medycyny sportowej w tym samym mieście istnieją różnice w sposobie monitorowania pacjenta po zakończeniu wysiłku. Według protokołu stosowanego w Policlinico Agostino Gemelli w Rzymie kontynuowano zapis EKG przez 10 minut po zakończeniu wysiłku. Przez pierwsze 5 minut pa-

cient pedałował na cykloergometrze przy zerowym obciążeniu. Następnie zawodnik zatrzymywał się i przez kolejne 5 minut pozostawał w pozycji siedzącej odpoczywając biernie.

W Instytucie CONI (Comitato Olimpico Nazionale Italiano – Narodowy Włoski Komitet Olimpijski) stosowano ciągle monitoring EKG po zakończeniu testu krócej, bo zaledwie przez 3 do 5 minut, tak aby uzyskać częstość rytmu serca poniżej 100 uderzeń na minutę. Sportowiec przez pierwsze 2 minuty pedałował przy zerowym obciążeniu, a następnie pozostawał w pozycji siedzącej na cykloergometrze.

Zarówno w jednym jak i w drugim ośrodku pomiar ciśnienia tętniczego krwi wykonywano podczas trwania próby wysiłkowej w regularnych odstępach co 2 minuty. W Instytucie CONI pomiar ciśnienia tętniczego krwi po zakończeniu kontynuowany był co 2 minuty. Natomiast w Policlinico Agostino Gemelli mierzono ciśnienie tętnicze krwi z większą częstotliwością, bo w: 30 sekundzie, 1 minucie, a następnie co 1 minutę od 2 do 10 minuty odpoczynku.

Zalety próby wysiłkowej przeprowadzanej na cykloergometrze:

- można osiągnąć maksymalne obciążenie,
- preferowana w celu diagnostyki zmian niedokrwiennych.

Wady próby wysiłkowej przeprowadzanej na cykloergometrze:

- u kolarzy bardzo trudno osiągnąć maksymalne obciążenia.

### Badanie wysiłkowe na bieżni mechanicznej

Próba wysiłkowa przeprowadzana na bieżni uważana jest za najbardziej fizjologiczną, z tego względu zalecana ona jest szczególnie u osób starszych, niewytrenowanych, u których podejrzewa się ewentualną patologię układu krążenia. Specjaliści medycyny sportowej we Włoszech wykonują test wysiłkowy na bieżni u sportowców zgłaszających objawy sugerujące chorobę niedokrwinną serca podczas biegania, w przypadkach gdy próba na cykloergometrze była ujemna. Wskazaniem do jej przeprowadzenia są też objawy łatwej męczliwości podczas wysiłku u małych dzieci, gdy badanie Step Test nie wykryło patologii



w zapisie EKG, a ze względu na wzrost dziecko nie jest w stanie wykonać próby na cykloergometrze. Badanie to nie jest natomiast stosowane rutynowo u sportowców. W praktyce klinicznej test przeprowadzany jest według zmodyfikowanego protokołu Bruce'a (Tab. 2). Wysiłek podzielony jest na 7 etapów, podczas których stopniowo wzrasta prędkość oraz stopień nachylenia bieżni. Czas trwania próby uzależniony jest od wystąpienia niepokojących objawów klinicznych lub uzyskania docelowej częstotliwości rytmu serca  $85\text{--}90\% \text{HR}_{\max}$ , odpowiedniej dla wieku.

Po zakończeniu próby zawodnik przez 5 minut spaceruje na bieżni (odpoczynek aktywny), natomiast przez kolejne 5 minut pozostaje w pozycji stojącej na bieżni (odpoczynek bierny).

Pomiar ciśnienia tętniczego wykonywany jest wyłącznie podczas odpoczynku po 30 sekundach, 1 minucie i następnie co 1 minutę od 2 do 10 minuty po zakończeniu wysiłku. Osiągane są niższe wartości ciśnienia tętniczego krwi w stosunku do cykloergometru, a wyższe wartości częstości rytmu serca.

Tabela 2. Protokół zmodyfikowany Bruce'a

Stopień	Czas fazy [min]	Prędkość V [mph]	Prędkość V [km/h]	Nachylenie I [%]	Wartość* obliczona pośrednio	
					$\dot{V}O_2$ ml/min <sup>-1</sup> /kg <sup>-1</sup>	MET
1	3	1,7	2,7	0	8,1	2,3
2	3	1,7	2,7	5	12,2	3,5
3	3	1,7	2,7	10	16,3	4,6
4	3	2,5	4,0	12	24,7	7,1
5	3	3,4	5,5	14	35,6	10,2
6	3	4,2	6,8	16	47,2	13,5
7	3	5,0	8,0	18	60,3	17,2

V [mph] – prędkość wyrażona w milach na godzinę

$\dot{V}O_2$  – zdolność poboru tlenu

MET – równoważnik metaboliczny [metabolic equivalent]

Tabela 3. Porównanie zalet i wad poszczególnych sposobów przeprowadzania próby wysiłkowej

	ZALETY	WADY
Step Test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• możliwe przeprowadzenie próby wysiłkowej u małych dzieci</li> <li>• bardziej arytmogenna od cykloergometru oraz bieżni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• z założenia nie można osiągnąć maksymalnego wysiłku</li> <li>• u sportowców bardzo dobrze wytrenowanych czasami maksymalna częstość rytmu serca nie przekracza <math>60\% \text{HR}_{\max}</math></li> </ul>
Cykloergometr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• można osiągnąć maksymalne obciążenie</li> <li>• preferowana w celu diagnostyki zmian niedokrwiennych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• u kolarzy bardzo trudno osiągnąć maksymalne obciążenia</li> </ul>
Bieżnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wysiłek najbardziej fizjologiczny</li> <li>• lepszy dla dzieci, osób starszych oraz niewytrenowanych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gorsza jakość zapisu EKG (spowodowana artefaktami z powodu ruchów kończyn górnych i napinania mięśni klatki piersiowej)</li> </ul>

$\text{HR}_{\max}$  – maksymalna częstość rytmu serca

Tabela 4. Metodyka testu wysiłkowego zgodnie z zaleceniami PTMS ze stycznia 2006 [1]

<ul style="list-style-type: none"> <li>– na cykloergometrze – o 30 W co 3 min przy obrotach 60/minutę</li> <li>– na bieżni ruchomej – wg zmodyfikowanego lub typowego protokołu Bruce'a, Naughton'a lub innych</li> <li>– bieżąca obserwacja elektrokardiograficzna</li> <li>– pomiar i rejestracja tętna (minimum co 2-3 minuty)</li> <li>– pomiar ciśnienia co 2-3 minuty</li> <li>– obserwacja i kontrola samopoczucia pacjenta</li> <li>– zakończenie wysiłku przy wystąpieniu kryteriów przerwania testu</li> <li>– obserwacja pacjenta (EKG, ciśnienie tętnicze do 10 minut po zakończeniu wysiłku)</li> </ul>
--

Zalety próby wysiłkowej przeprowadzanej na bieżni mechanicznej:

- wysiłek najbardziej fizjologiczny,
- lepszy dla dzieci, osób starszych oraz niewytrenowanych.

Wady próby wysiłkowej przeprowadzanej na bieżni mechanicznej:

- gorsza jakość zapisu EKG (spowodowana artefaktami z powodu ruchów kończyn górnych i napinania mięśni klatki piersiowej pacjenta).

Porównanie zalet i wad poszczególnych sposobów przeprowadzania próby wysiłkowej przedstawia tabela 3. Z kolei tabela 4 prezentuje zalecenia PTMS ze stycznia 2006 dotyczące metodyki testów wysiłkowych [1].

## Dyskusja

Pierwsze doświadczenia związane z obowiązkowym wykonywaniem na skale masową EKG spoczynkowego u dzieci i młodzieży rozpoczęli w 1973 Japończycy, którzy przeprowadzali takie badanie przesiewowe u wszystkich uczniów szkół podstawowych w klasie 1, 7 i 9 [18]. Badania te udokumentowały czułość badania EKG w identyfikacji takich schorzeń jak zespół wydłużonego QT, zespołu WPW, kardiomiopatii przerostowej czy powiększenia lewej komory, w stosunku do samego wywiadu i badania fizykalnego [18].

Doświadczenia włoskich lekarzy medycyny sportowej sięgają również lat 70-tych ubiegłego stulecia. Populacja osób uprawiających sport wyczynowo we Włoszech jest bardzo liczna. W samym rejonie Veneto w badaniach przeprowadzonych przez prof. Corrado wzięło udział ponad 42 000 zawodników [19]. Po wprowadzeniu badań przesiewowych u sportowców obejmujących nie tylko wywiad lekarski oraz badanie fizykalne, ale również 12-odprowadzeniowe EKG, czy nieinwazyjne testy jak próby wysiłkowe, stwierdzono zmniejszenie śmiertelności wśród zawodników, głównie z powodu wcześniejszego diagnozowania kardiomiopatii. Nawet biorąc pod uwagę pewne niedoskonałości tego badania, które podkreśla w swoim artykule Chaitman, nie sposób nie zauważyć znaczącego spadku śmiertelności u młodych sportowców [20]. Po wprowadzeniu obowiązkowych badań lekarskich obejmujących EKG spoczynkowe oraz EKG wysiłkowe, a w przypadkach wątpliwych dodatkowych badań (Echo, 24-godzinny Holter EKG), śmiertelność roczna wśród zawodników spadła z 3,6/100 000 w latach 1979-1980 do 0,4/100 000 w latach 2003-2004 [19].

Wydaje się zatem zasadne wprowadzenie badań przesiewowych celem dyskwalifikacji osób zagrożonych nagłym zgonem sercowym, zwłaszcza, że zarówno EKG spoczynkowe jak i wysiłkowe są badaniami stosunkowo tanimi, zwłaszcza gdy porównać je do kosztów związanych z intensywnymi zabiegami ratującymi życie i ewentualną kontynuacją leczenia.

Badanie przeprowadzone przez naukowców z Florencji na grupie ponad 30 000 sportowców potwierdza zasadność wykonywania próby wysiłkowej, a nie tylko EKG spoczynkowego. W badanej grupie nieprawidłowości w EKG wysiłkowym wykazano u 1227 osób, u których EKG spoczynkowe było prawidłowe [21]. Średnia wieku badanych osób wynosiła 30,7 lat (SD 14). Najczęściej stwierdzanymi zmianami były przedwczesne pobudzenia komorowe oraz nadkomorowe (65%), tachykardia komorowa, zmiany odcinka ST oraz zaburzenia przewodnictwa. Istotnym czynnikiem ryzyka zwiększającym prawdopodobieństwo wykrycia patologicznych zmian w EKG wysiłkowym u osób z prawidłowym spoczynkowym był wiek > 30 roku życia [21]. Ostatecznie 159 osób zostało zdyskwalifikowanych z powodu zaburzeń serca. U zaledwie 6 (3,7%) spośród nich na podstawie wywiadu lub/ oraz badania fizykalnego można było podejrzewać problemy ze strony układu krążenia, a u 126 (79,2%) zapis EKG spoczynkowego był prawidłowy [21]. Autorzy tego badania stoją na stanowisku, że EKG spoczynkowe nie jest wystarczającym narzędziem do wykrywania zaburzeń rytmu serca oraz cech niedokrwienia mięśnia sercowego u osób uprawiających sport. Uważają oni również, że cel jakim jest obniżenie umieralności z powodu nagłej śmierci sercowej u sportowców, jest celem nadrzędnym i nasze badania powinny zmierzać ku wykrywaniu jak największej liczny osób zagrożonych wystąpieniem SCD [21].

Z kolei autorzy pracy poglądowej opublikowanej w 2015 roku, stoją na stanowisku, że badanie sportowców uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe powinno być bardzo wnikliwe i powinno obejmować podczas wizyty kwalifikacyjnej: badanie echokardiograficzne serca, próbę wysiłkową, spirometrię oraz badania krwi [22]. Podczas wykonywanych jeden raz w roku wizyt kontrolnych należy wykonywać ponownie badanie echokardiograficzne serca oraz test wysiłkowy, ze szczególnym zwróceniem uwagi na wzrost ciśnienia tętniczego krwi podczas wysiłku oraz występowanie zaburzeń rytmu serca. Takie zalecenia niemieckich specjalistów medycyny sportowej wynikają z ich przekonania o kluczowej roli lekarza medycyny sportowej w zapobieganiu występowania nagłych zgonów u sportowców. Uważają oni również, że podział na zawodników powyżej i poniżej 35 roku życia jest historyczny i nie ma żadnego uzasadnienia, gdyż u osób < 35 roku życia SCD jest w połowie przypadków spowodowany chorobą niedokrwinną serca [22]. Z tego względu, choć uważa się że próba wysiłkowa nie jest złotym standardem w diagnostyce choroby niedokrwiennej serca, jako badanie powszechnie dostępne, szybkie i nieobciążające dla pacjenta, jest idealne jako przesiewowe narzędzie w diagnostyce serca u sportowców.

Przeciwnicy wykonywania próby wysiłkowej u sportowców, argumentują zazwyczaj swoje stanowi-

sku tym, że nie jest ona 100% skuteczna w wykrywaniu cech niedokrwienia mięśnia sercowego, a również może mieć dość duży odsetek wyników fałszywie dodatnich. Zapominają oni o tym, że u sportowców próba wysiłkowa jest tak jakby imitacją warunków obciążenia serca podczas treningu oraz zawodów. W praktyce klinicznej często obserwujemy dwie skrajnie różniące się sytuacje. W przypadku pierwszej z nich mamy zaburzenia rytmu serca w EKG spoczynkowym, które ustępują pod wpływem wysiłku fizycznego podczas próby wysiłkowej. W drugiej sytuacji w EKG spoczynkowym nie obserwujemy nieprawidłowości, natomiast w zapisie EKG wysiłkowego obserwujemy arytmie. W pierwszej z tych sytuacji, w zależności oczywiście od rodzaju arytmii, najczęściej dopuszczamy zawodnika do uczestnictwa w treningach i zawodach. W drugiej z cytowanych sytuacji zawodnik musi zostać najczęściej poddany dalszej diagnostyce.

Trzeba pamiętać, że zaburzenia rytmu serca indukowane wysiłkiem mogą być bardzo częstą przyczyną SCD. W niedawno opublikowanym badaniu pochodzącym z USA oceniano występowanie SCD oraz ich przyczyn u sportowców [23]. Stwierdzono, że aż u 25% zmarłych zawodników nie stwierdzono żadnych zmian podczas sekcji zwłok. W tych przypadkach do SCD doszło najprawdopodobniej w wyniku zaburzeń rytmu serca i być może, gdyby te osoby miały wykonane wcześniej EKG wysiłkowe, udałooby się wykryć arytmie i przeprowadzić zabieg ablacji [23].

W Polsce obowiązkowe badanie dzieci i młodzieży uprawiających sport określała już ustawa z roku 1969 [24]. W ustawie tej nie było konkretnych wytycznych, jakie badania należy przeprowadzać. Natomiast w podręcznikach z lat późniejszych znajdują się zalecenia, aby podczas wykonywania prób wysiłkowych stosować ciągły monitoring EKG [25, 26]. Od lat 50-tych do 80-tych ubiegłego stulecia próby wysiłkowe czy to zgodnie z protokołem Master, czy to próbę Astranda oraz ergo spirometryczne próby wydolnościowe do odmowy, przeprowadzali lekarze CPSL (Centralna Poradnia Medycyny Sportowej), stosując ciągły zapis fonokardiograficzny lub EKG. Niestety, w niektórych ośrodkach, co jest naganne, po powszechnym wprowadzeniu w latach 90-tych sport testerów dla określenia poziomu wydolności fizycznej, monitorowano wyłącznie tętno zawodnika.

System opieki zdrowotnej nad zawodnikami w Polsce był i jest jednym z lepszych w Europie. Polskie prawodawstwo przez długie lata zaliczało do badań obowiązkowych: pomiary antropometryczne, ogólne badanie lekarskie, badanie ortopedyczne, próbę wysiłkową, przegląd stomatologiczny, badanie elektrokardiograficzne, badanie ogólne moczu, OB, morfologię krwi z rozmazem, konsultacja laryngologiczna, okulistyczna oraz inne dodatkowe badania w przypadku wybranych dyscyplin

sportu [27]. Ustawodawca nie precyzował jak ma wyglądać próba wysiłkowa. Przyjęło się, zgodnie ze Stanowiskiem PTMS, że próbę tę wykonuje się albo na cykloergometrze albo na bieżni mechanicznej. W opinii polskich specjalistów medycyny sportowej Step Test jest badaniem przestarzałym i nie mającym zastosowania w codziennej praktyce lekarskiej [1]. Należy jednak zauważyć, że w okresie kiedy był stosowany, nie było możliwości wykonania u badanego bezprzewodowego ciągłego zapisu EKG. Trwają odwieczne dyskusje pomiędzy europejskimi i amerykańskimi naukowcami, dotyczące zasadności wykonywania EKG spoczynkowego podczas badań kwalifikacyjnych [6, 8]. Podobne dyskusje toczono są pomiędzy PTMS a przedstawicielami Ministerstwa Zdrowia odnośnie wykonywania testów wysiłkowych. Przykładem jest nie wymienienie obowiązku ich wykonywania w ostatnim rozporządzeniu z dnia 28 kwietnia 2011 r. [28]. Dobrze, że przynajmniej dalej obowiązuje odnośnie dzieci i młodzieży, w Obwieszczeniu Ministra Zdrowia z dnia 25 stycznia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu ambulatoryjnej opieki specjalistycznej (pkt 60 Rozporządzenia o Świadczeniach Zdrowotnych) [28].

Badania naukowe pokazują znaczne zmniejszenie występowania nagłych zgonów sercowych u młodych sportowców podlegających okresowym badaniom lekarskim, w porównaniu z populacją ogólną [4, 19].

Zgodnie z zaleceniami PTMS próba wysiłkowa w Polsce wykonywana jest celem oceny wydolności zawodnika oraz celem oceny pracy serca podczas obciążenia wysiłkiem [1]. Zarówno we Włoszech jak i w Polsce przeprowadzane są testy wysiłkowe u sportowców na bieżni oraz ergometrze stacjonarnym. Protokół tego badania oparty jest o międzynarodowe standardy i w zasadzie zauważalne są jedynie niewielkie różnice dotyczące np. czasu obserwacji zawodnika po zakończeniu próby wysiłkowej, a także dotyczące częstotliwości pomiaru ciśnienia tętniczego krwi podczas trwania próby wysiłkowej oraz po jej zakończeniu [28]. Podstawowa różnica dotyczy natomiast testu wysiłkowego w postaci Step Testu. W aktualnych zaleceniach PTMS nie jest on wymieniany [1]. Natomiast w wiodących ośrodkach w Rzymie mających pod swoją opieką wyczynowych sportowców klasy międzynarodowej jest on przeprowadzany standardowo. Włoscy autorzy są świadomi ograniczeń Step Testu [17]. Jednakże jego niepodważalną zaletą jest zastosowanie jako skutecznej przesiewowej metody oceniającej zachowanie układu krążenia w odpowiedzi na intensywny wysiłek fizyczny. W Polskim prawodawstwie brak jest kryteriów wiekowych przeprowadzania próby wysiłkowej u dzieci i młodzieży uprawiających sport. W bardzo wielu ośrodkach medycyny sportowej przyjęło się zwyczajowo przeprowadzanie próby wysiłkowej powyżej



12 roku życia. Nie jest to absolutnie umotywowane prawnie. Z powodów technicznych wykonanie przez dziecko testu na ergometrze stacjonarnym możliwe jest najczęściej, jeśli wzrost dziecka wynosi powyżej 130 cm. Natomiast nie ma ograniczenia wzrostowego w przypadku użycia bieżni. W najmłodszej grupie wiekowej bardzo często, z powodu niewielkiej wydolności fizycznej, bardzo szybko dochodzi do zmęczenia mięśni podczas próby na bieżni lub ergometrze. Włoscy autorzy podkreślają zalety Step Testu dla najmłodszej grupy pacjentów. Podczas 3 minutowego Step Testu obciążenie jest idealnie dostosowane do masy ciała zawodnika, ponieważ zależy ono jedynie od wagi ciała. Step test jest również z tego względu wysiłkiem bardzo fizjologicznym. Bardzo często obecnie już małe dzieci obciążane są podczas treningów nawet do 5 x w tygodniu. Z tego względu wykonywanie próby wysiłkowej dopiero powyżej 12 roku życia, a w przypadku niektórych ośrodków powyżej 15 roku, nie jest wystarczające.

### Podsumowanie

Mając na uwadze ograniczenia Step Testu, można rozważyć zastosowanie go w wybranych przypadkach. W szczególności w najmłodszej grupie dzieci, które są obciążane intensywnym wysiłkiem fizycznym. Celem wykonywania próby wysiłkowej u dzieci powinno być w szczególności zapobieganie nagłym zgonom sercowym. Z tego względu należy oceniać reakcje układu krążenia w odpowiedzi na obciążenie wysiłkiem fizycznym. Rezygnowanie z wykonywania próby wysiłkowej z powodów technicznych (wzrost dziecka przy próbie na ergometrze stacjonarnym) nie jest uzasadnione ze względów medycznych i jest nierozsądne. Wydaje się, biorąc pod uwagę przytoczone argumenty, że warto skorzystać z ponad 30-letniego doświadczenia wiodących na świecie ośrodków medycyny sportowej we Włoszech i przenieść na grunt polski niektóre zalecenia.

### Piśmiennictwo/References

1. Kostka T. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Medycyny Sportowej dotyczące klinicznych zasad prowadzenia testów wysiłkowych. Styczeń, 2006. [www.ptms.org.pl](http://www.ptms.org.pl) (wejście dnia 14.05.2016)
2. Kozłowski S, Nazar K, Kaciuba-Uściłko H. Fizjologia wysiłków fizycznych. [W:] Kozłowski S, Nazar K. (red.) Wprowadzenie do fizjologii klinicznej. Warszawa: PZWL, 1995, 161-341.
3. Corrado D, Basso C, Rizzoli G, i wsp. Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults? *J Am Coll Cardiol.* 2003; 42: 1959-63.
4. Holst AG, Winkel BG, Theilade J, i wsp. Incidence and etiology of sports-related sudden cardiac death in Denmark-implications for preparticipation screening. *Heart Rhythm.* 2010; 10: 1365-71.
5. Marijon E, Tafflet M, Celermajer DS, i wsp. Sports-Related sudden death in the general population. *Circulation.* 2011; 124: 672-81.
6. Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, i wsp. American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. Recommendations and considerations related to preparticipation screening for cardiovascular abnormalities in competitive athletes: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism: endorsed by the American College of Cardiology Foundation. *Circulation.* 2007; 115: 1643-455.
7. Corrado D, Basso C, Schiavon M, Thiene G. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. *N Engl J Med.* 1998; 339: 364-69.
8. Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, i wsp. Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2005; 26: 516-24.
9. Master AM, Oppenheimer ET. A simple exercise tolerance test for circulatory efficiency with standard tables for normal individuals. *Am J Med Sci.* 1929; 177: 229-43.
10. Master AM, Nuzie ES, Brown RC, Parker RC. The electrocardiogram and the „two-step” exercise, a test of cardiac function and coronary insufficiency. *Am J Med Sci.* 1944; 207: 435-50.
11. Johnson RE, Brouha L, Darling RC. A test of physical fitness for strenuous exercise. *Rev Canad Biol.* 1942; 1: 491-503.
12. Brouha L, Graybiel A, Heath CW. Step test: Simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult man. *Rev Canad Biol.* 1943; 2: 86-92.
13. Bruce RA, Lovejoy FW, Pearson R, Yu PN, Brothers GB, Velasquez T. Normal respiratory and circulatory pathways of adaptation in exercise. *J Clin Invest.* 1949; 28: 1423-30.
14. Bruce RA, Blackman JR, Jones JW, Strait G. Exercise testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics.* 1963; 32: 742-55.
15. Astrand PO, Ryhming I. A normogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol.* 1954; 7: 218-21.
16. Decree Of Italian Ministry of Health, February 18, 1982. Norme per la tutela sanitaria dell'attività sportiva agonistica (rules concerning the medical protection of athlety activity). *Gazzetta Ufficiale* March 5, 1982-63.
17. Zeppilli P. Cardiologia dello sport. Zeppilli P, Bianco M. L'elettrocardiogramma da sforzo. Roma: CESI, 2007: 85-117; 147-57.
18. Tasaki H, Hamasaki Y, Ichimaru T. Mass screening for heart disease of school children in Saga city: 7-year follow – up study. *Jpn Circ.* 1987; 51: 1415-20.
19. Corrado D, Basso C, Pavei A, i wsp. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA.* 2006; 296: 1593-601.
20. Chaitman BR. Should an electrocardiogram be included in routine preparticipation screening of young athletes. *Circulation.* 2007; 116: 2610-4.
21. Sofi F, Capalbo A, Pucci N I wsp. Cardiovascular evaluation, including resting and exercise electrocardiography, before participation in competitive sports: cross sectional study. *BMJ.* 2008; 3; 337-46.
22. Leischik R, Dworak B, Foshag P i wsp. Pre-participation and follow-up screening of athletes for endurance sport. *J Clin Med Res.* 2015; 7: 385-92.
23. Harmon KG, Asif IM, Maleszewski JJ i wsp. Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: A decade in review. *Circulation.* 2015; 132: 10-19.
24. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 lipca 1969 roku w sprawie badań lekarskich osób uprawiających w sposób zorganizowany ćwiczenia ruchowe (Dziennik Ustaw Nr 24, Poz. 178).



25. Zajączkowski Z. Medycyna sportowa w praktyce. Warszawa. PZWL. 1977. 58-59, 76-7.
26. Goncerzewicz M, Krawczyński M, Cichy W. Kontrola lekarska wychowania fizycznego i sportu dzieci i młodzieży, PZWL, 1984: 45-60.
27. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 kwietnia 2011 r. w sprawie trybu orzekania o zdolności do uprawiania danego sportu przez dzieci i młodzież do ukończenia 21. roku życia oraz przez zawodników pomiędzy 21. a 23. rokiem życia Dz.U.11.88.500 → z dnia 28 kwietnia 2011 r.
28. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 25 stycznia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu ambulatoryjnej opieki specjalistycznej. Dz.U. 2016 poz. 357 → z dnia 16 marca 2016 r.

Adres do korespondencji:

Dr med. Izabela Jastrzębska

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii,  
Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński,  
ul. Śniadeckich 10, 30-962 Kraków

tel. 124248800, fax: 124248854

e-mail: izabela.l.jastrzebska@uj.edu.pl